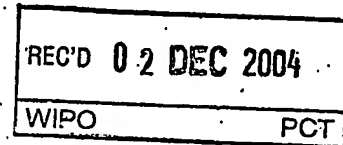
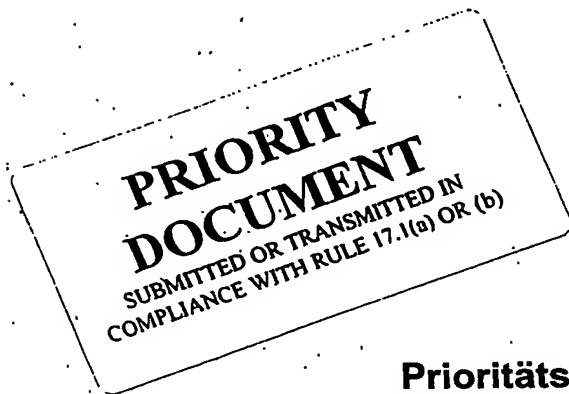


EP04/8070



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 33 232.4

Anmeldetag: 21. Juli 2003

Anmelder/Inhaber: Covion Organic Semiconductors GmbH,
65926 Frankfurt/DE

Bezeichnung: Organisches Elektrolumineszenzelement

IPC: H 01 L 51/00

BEST AVAILABLE COPY

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. November 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Beschreibung

Organisches Elektrolumineszenzelement

Die vorliegende Erfindung beschreibt ein neuartiges Designprinzip für Organische Elektrolumineszenzelemente und dessen Verwendung in darauf basierenden Displays.

In einer Reihe von verschiedenenartigen Anwendungen, die im weitesten Sinne der Elektronikindustrie zugerechnet werden können, ist der Einsatz organischer Halbleiter als Wirkkomponenten (= Funktionsmaterialien) seit geraumer Zeit Realität bzw. wird in näher Zukunft erwartet.

So finden schon seit etlichen Jahren lichtsensitive organische Materialien (z.B.

Phthalocyanine) sowie organische Ladungstransportmaterialien (i. d. R.

Lochtransporter auf Triarylaminbasis) Verwendung in Kopiergeräten.

Der Einsatz spezieller halbleitender organischer Verbindungen, die zum Teil auch zur Emission von Licht im sichtbaren Spektralbereich befähigt sind, steht gerade am Anfang der Markteinführung, zum Beispiel in organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen. Deren Einzelbauteile, die Organischen-Lichtemittierenden-Dioden (OLEDs), besitzen ein sehr breites Anwendungsspektrum als:

1. weiße oder farbige Hinterleuchtungen für monochrome oder mehrfarbige

Anzeigeelemente (wie z.B. im Taschenrechner, Mobiltelefone und andere tragbare Anwendungen),

2. großflächige Anzeigen (wie z.B. Verkehrsschilder, Plakate und andere Anwendungen),

3. Beleuchtungselemente in allen Farben und Formen,

4. monochrome oder vollfarbige Passiv-Matrix-Displays für tragbare Anwendungen (wie z.B. Mobiltelefone, PDAs, Camcorder und andere Anwendungen),

5. vollfarbige großflächigen hochauflösenden Aktiv-Matrix-Displays für verschiedenste Anwendungen (wie z.B. Mobiltelefone, PDAs, Laptops, Fernseher und andere Anwendungen).

Bei diesen Anwendungen ist die Entwicklung teilweise bereits sehr weit

fortgeschritten, dennoch besteht immer noch großer Bedarf an technischen Verbesserungen.

Für einfachere OLEDs enthaltende Vorrichtungen ist die Markteinführung bereits erfolgt, wie die im Markt erhältlichen Auto-Radios der Firma Pioneer, ein Mobiltelefon

der Firma Sony oder eine Digitalkamera der Firma Kodak mit "Organischem Display" belegen. Allerdings gibt es immer noch erhebliche Probleme, die einer dringenden Verbesserung bedürfen:

1. So ist v. a. die OPERATIVE LEBENSDAUER von OLEDs immer noch gering, so daß bis dato nur einfache Anwendungen kommerziell realisiert werden können.

2. Diese relativ kurze Lebensdauer ergibt noch ein Folgeproblem: Gerade für VOLLFARB-Anwendungen ("full-color-displays"), d. h. Displays, welche keine Segmentierungen aufweisen, sondern über die ganze Fläche alle Farben darstellen können, ist es besonders schlecht, wenn hier die einzelnen Farben unterschiedlich schnell altern, wie dies derzeit der Fall ist. Dies führt dazu, daß schon vor Ende der o. g. Lebensdauer (die in der Regel durch einen Abfall auf 50% der Anfangshelligkeit definiert ist), es zu einer deutlichen Verschiebung des Weiß-Punkts kommt, d. h. die Farbtreue der Darstellung im Display sehr schlecht wird. Um dies zu umgehen, definieren einige Displayanwender die Lebensdauer als 70% oder 90%-Lebensdauer (d. h. Abfall der Anfangshelligkeit auf 70% bzw. auf 90% des Anfangswertes). Dies führt aber dazu, daß die Lebensdauer noch kürzer wird.

3. Die Effizienzen von OLEDs sind zwar akzeptabel, aber auch hier sind natürlich – gerade für tragbare Anwendungen ("portable applications") – immer noch Verbesserungen erwünscht.

4. Die Farbkoordinaten von OLEDs, speziell von breitbandig weiß emittierenden OLEDs bestehend aus allen drei Grundfarben, sind nicht gut genug. Besonders die Kombination von guten Farbkoordinaten mit hoher Effizienz muß noch verbessert werden.

5. Die Alterungsprozesse gehen i. d. R. mit einem Anstieg der Spannung einher.

Dieser Effekt macht spannungsgetriebene organische Elektrolumineszenzvorrichtungen, z.B. Displays oder Anzeige-Elemente, schwierig bzw. unmöglich. Eine stromgetriebene Ansteuerung ist aber gerade in diesem Fall aufwendiger und teurer.

6. Die benötigte Betriebsspannung ist gerade bei effizienten phosphoreszierenden OLEDs recht hoch und muß daher weiter verringert werden, um die Leistungseffizienz zu verbessern. Das ist gerade für tragbare Anwendungen von großer Bedeutung.

7. Der benötigte Betriebsstrom ist ebenfalls in den letzten Jahren verringert worden, muß aber noch weiter verringert werden, um die Leistungseffizienz zu verbessern. Das ist gerade für tragbare Anwendungen besonders wichtig.

Die oben unter 1. bis 7. genannten Gründe, machen Verbesserungen bei der Herstellung von OLEDs notwendig.

Eine Entwicklung hierzu, die sich in den letzten Jahren abzeichnet, ist der Einsatz von metallorganischen Komplexen, die Phosphoreszenz statt Fluoreszenz zeigen [M. A. Baldo, S. Lamansky, P. E. Burrows, M. E. Thompson, S. R. Forrest, Applied Physics Letters, 1999, 75, 4-8].

Aus quantenmechanischen Gründen ist unter Verwendung metallorganischer Verbindungen eine bis zu vierfache Quanten-, Energie- und Leistungseffizienz möglich. Ob sich diese neue Entwicklung durchsetzen wird, hängt zum einen stark davon ab, ob entsprechende Device-Kompositionen gefunden werden können, die diese Vorteile (Triplet-Emission = Phosphoreszenz gegenüber Singulett-Emission = Fluoreszenz) auch in den OLEDs umsetzen können. Als wesentliche Bedingungen für praktische Anwendung sind hier insbesondere eine hohe operative Lebensdauer, eine hohe Stabilität gegenüber Temperaturbelastung und eine niedrige Einsatz- und Betriebsspannung, um mobile Applikationen zu ermöglichen, zu nennen.

Der allgemeine Aufbau von organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen ist beispielsweise in US 4,539,507 und US 5,151,629 sowie EP 01202358 beschrieben.

Üblicherweise besteht eine organische Elektrolumineszenzvorrichtung aus mehreren Schichten, die mittels Vakuummethoden oder unterschiedlicher Druckmethoden, insbesondere lösungsbasierte Druckmethoden, wie Ink-Jet, oder lösungsmittelfreie Druckmethoden, wie Thermotransfer-Druck oder LITI (Laser Induced Thermal Imaging) aufeinander aufgebracht werden. Diese Schichten sind im einzelnen:

1. Eine Trägerplatte = Substrat (üblicherweise Glas oder Kunststoffolie).
2. Eine transparente Anode (üblicherweise Indium-Zinn-Oxid, ITO).
3. Eine Lochinjektions-Schicht (Hole Injection Layer = HIL): z. B. auf der Basis von Kupfer-phthalocyanin (CuPc), leitfähigen Polymeren, wie Polyanilin (PANI) oder Polythiophen-Derivaten (wie PEDOT).
4. Eine oder mehrere Lochtransport-Schichten (Hole Transport Layer = HTL): üblicherweise auf der Basis von Triarylamin-Derivaten z.B. 4,4',4''-Tris(N-1-naphthyl)N-phenyl-amino-triphenylamin (NaphDATA) als erste Schicht und N,N'-Di(naphthalin-1-yl)-N,N'-diphenyl-benzidin (NPB) als zweite Lochtransportschicht.
5. Eine oder mehrere Emissions-Schichten (Emission Layer = EML): diese Schicht (bzw. Schichten) kann teilweise mit den Schichten 4 bis 8 zusammenfallen, besteht aber üblicherweise aus mit Fluoreszenzfarbstoffen, z.B. N,N'-Diphenyl-quinacridone (QA), oder Phosphoreszenzfarbstoffen, z.B. Tris(phenyl-pyridyl)-iridium (Ir(PPy)₃) oder Tris-(2-benzothienyl-pyridyl)-iridium (Ir(BTP)₃), dotierten Matrixmaterialien, wie 4,4'-Bis(carbazol-9-yl)-biphenyl (CBP). Die Emissions-Schicht kann aber auch aus Polymeren, Mischungen von Polymeren, Mischungen von Polymeren und niedermolekularen Verbindungen oder Mischungen verschiedener niedermolekularer Verbindungen bestehen.

6. Eine Lochblockier-Schicht (Hole-Blocking-Layer = HBL): diese Schicht kann teilweise mit den Schichten 7 und 8 zusammenfallen. Sie besteht üblicherweise aus BCP (2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin = Bathocuproin) oder Bis-(2-methyl-8-quinolinolato)-4-(phenyl-phenolato)-aluminium-(III) (BAIq).
7. Eine Elektronentransport-Schicht (Electron Transport Layer = ETL): größtenteils auf Basis von Aluminium-tris-8-hydroxy-chinoxalinat (AlQ₃).
8. Eine Elektroneninjektions-Schicht (Electron Injection Layer = EIL): diese Schicht kann teilweise mit Schicht 4, 5, 6 und 7 zusammenfallen bzw. es wird ein kleiner Teil der Kathode speziell behandelt bzw. speziell abgeschieden.
9. Eine weitere Elektroneninjektions-Schicht (Electron Injection Layer = EIL): eine dünne Schicht bestehend aus einem Material mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten, wie z.B. LiF, Li₂O, BaF₂, MgO, NaF.
10. Eine Kathode: hier werden in der Regel Metalle, Metallkombinationen oder Metalllegierungen mit niedriger Austrittsarbeit verwendet, so z. B. Ca, Ba, Cs, Mg, Al, In, Mg/Ag.

Diese ganze Vorrichtung wird entsprechend (je nach Anwendung) strukturiert, kontaktiert und schließlich auch hermetisch versiegelt, da sich die Lebensdauer derartiger Vorrichtungen bei Anwesenheit von Wasser und/oder Luft drastisch verkürzt. Das Gleiche gilt auch für sogenannte invertierte Strukturen, bei denen das Licht aus der Kathode ausgekoppelt wird. Bei diesen invertierten OLEDs besteht die Anode z.B. aus Al/NiNiOx oder Al/PtPtOx oder anderen Metall/Metalloxid-Kombinationen, die ein HOMO größer 5 eV besitzen. Die Kathode besteht dabei aus den gleichen Materialien, die in Punkt 9 und 10 beschrieben sind, mit dem Unterschied, daß das Metall wie z.B. Ca, Ba, Mg, Al, In usw. sehr dünn und damit transparent ist. Die Schichtdicke liegt unter 50 nm, besser unter 30 nm, noch besser unter 10 nm. Auf diese transparente Kathode kann noch ein weiteres transparentes Material aufgebracht werden, z.B. ITO (Indium-Zinn-Oxid), IZO (Indium-Zink-Oxid) usw.

Organische Elektrolumineszenzvorrichtungen, bei denen die Emissionsschicht (EML) aus mehr als einer Substanz besteht, sind schon seit längerem bekannt, sowie organische Elektrolumineszenzvorrichtungen, bei denen mehr als eine Schicht zur Gesamtemission beiträgt und dabei eine Mischfarbe erzeugt:

- EP 1 182 244 A1 (Idemitsu Kōsan) beschreibt OLEDs, die weißes Licht emittieren, bei denen die fluoreszierenden Verbindungen aus der Gruppe der Fluoranthene, Pentacene oder Perylene stammt. Dabei wird die weiße Emission in einer Schicht aus zwei spektralen Komponenten erzeugt, blau und gelb-orange. Dies macht die weiß-emittierende

OLED ungeeignet, um mit Hilfe von Farbfiltern ein RGB-Display herzustellen, da der Rot-Anteil im Spektrum viel zu gering ist.

Außerdem werden geringe Dotierungskonzentration bei der Erzeugung der EML von 0.1-2.6% genannt. Dies ist in einer industriellen Fertigung von weiß-emittierenden OLEDs nicht mit einer ausreichenden Reproduzierbarkeit nicht zu verwirklichen, da eine bereits geringste Schwankungen in der Konzentration absolut und relativ einen extrem großen Einfluß auf die Farbe Weiß hat. So kann die Emissionsfarbe leicht ins gelb-orange oder blaue verschoben werden.

Die Farbe einer OLED hängt neben dem Dotierungsgrad bei geringen Konzentrationen eines Dotanden auch stark von der Betriebsspannung ab. Bei einer Erhöhung der Spannung, wie sie z. B. benötigt wird, um die Helligkeit zu erhöhen, beobachtet man häufig eine deutliche Verschiebung der Emission ins Blaue, was keineswegs eine Einhaltung des Weiß-Punktes über einen größeren Helligkeitsbereich möglich macht.

- EP 1 286 569 A1 (Eastman Kodak) beschreibt OLEDs, die weißes Licht emittieren, bei denen die fluoreszierenden Verbindungen aus der Gruppe der Anthracene, Perylene, Tetracene oder anderen annellierter Aromaten stammt. Dabei wird die weiße Emission aus zwei bis drei spektralen Komponenten erzeugt, blau, gelb-orange und teilweise auch noch grün. Dies macht auch hier die weiß-emittierende OLED ungeeignet, um mit Hilfe von Farbfiltern ein RGB-Display herzustellen, da der Rot-Anteil im Spektrum viel zu gering ist.

Außerdem werden geringe Dotierungskonzentration bei der Erzeugung der EML von 0.12-3% genannt. Dies ist in einer industriellen Fertigung von weiß-emittierenden OLEDs nicht mit ausreichenden Reproduzierbarkeit zu verwirklichen, da eine geringe Schwankung in der Konzentration einen extrem großen Einfluß auf die Farbe weiß hat. So kann die Emissionsfarbe leicht ins gelb-orange oder blaue verschoben werden.

Die maximale Effizienz beträgt hier 5 cd/A. Dabei werden für fluoreszierende OLEDs relativ hohe Spannungen – bis zu 7.5 V - beobachtet. Die hohen Spannungen entstehen hier, da entweder die HTL oder ETL mit einem fluoreszierenden Emitter dotiert werden. Dadurch werden sogenannte Traps gebildet, die die Transporteigenschaften dieser für den Transport bestimmten Schicht deutlich verschlechtern und die Betriebsspannung erhöhen.

- US 2003/0099860 A1 (Opto Tech) beschreibt OLEDs, die weißes Licht emittieren, bei denen die fluoreszierenden Verbindungen ein Phenylen-Vinyl-Derivat (DPVBI), DCM2 und C6 sind. Dabei wird die weiße Emission aus zwei bis drei spektralen Komponenten erzeugt, blau, gelb-orange und grün. Dies macht auch hier die weiß-emittierende OLED ungeeignet, um mit Hilfe von

Farbfiltern ein RGB-Display herzustellen, da der Rot-Anteil im Spektrum viel zu gering ist.

Außerdem werden geringe Dotierungskonzentration bei der Erzeugung der EML von 0.01-0.2% genannt. Dies ist in einer industriellen Fertigung von weiß-emittierenden OLEDs nicht mit ausreichenden Reproduzierbarkeit zu verwirklichen, da eine geringe Schwankung in der Konzentration eine extrem großen Einfluß auf die Farbe weiß hat. So kann die Emissionsfarbe leicht ins gelb-orange oder blaue verschoben werden.

Die Farbe einer OLED hängt neben dem Dotierungsgrad bei geringen Konzentrationen eines Dotanden auch von der Betriebsspannung stark ab. Bei einer Erhöhung der Spannung, wie sie z. B. benötigt wird, um die Helligkeit zu erhöhen, beobachtet man häufig eine deutliche Verschiebung der Emission ins Blaue, was keineswegs eine Einhaltung des Weiß-Punktes über einen größeren Helligkeitsbereich möglich macht.

Auch hier wird die ETL mit einem fluoreszierenden Emitter dotiert, was zu einer Verschlechterung des Elektronentransportes führt und die Betriebsspannungen unnötig erhöht.

Aus dieser Beschreibung des Stands der Technik ist klar, daß gerade die effiziente Erzeugung weißen Lichts (bzw. einer breitbandigen Emission) bis dato nicht ausreichend möglich ist. Es wurde nun überraschend gefunden, daß OLEDs, die dem erfindungsgemäßen – im folgenden aufgeführten – Merkmalen entsprechen, deutliche Verbesserungen gegenüber diesem Stand der Technik aufweisen.

Gegenstand der Erfindung ist deshalb eine Organische

Elektrolumineszenzvorrichtung (im weiteren OLED genannt), enthaltend,

- ein oder mehreren Lochinjektions- und/oder Lochtransportschichten und
- ein oder mehreren Elektroneninjektions- und/oder Elektronentransportschichten,
- mindestens zwei gegeneinander abgegrenzte Emissionsschichten, welche verschiedene Lichtwellenlängen emittieren, und wobei mindestens eine der Emissionsschichten mindestens einen phosphoreszierenden Emitter enthält.

Die erfindungsgemäße OLED wird durch das nachfolgende Schema illustriert:

Kathode
ETL
HBL
EML2
EML1
HTL2
HTL1
HIL
Anode

Werden die lichtemittierenden Materialien in diesen Emissionsschichten derartig gewählt, daß mindestens eine blaue, grüne und rote, bevorzugt mindestens eine tiefblaue, tiefgrüne und tiefrote Komponente vorhanden ist, lassen sich alle gewünschten Farben besonders gut einstellen. Über die Variation der einzelnen Schichtdicken können alle durch die Grundfarben enthaltenen Farben erzeugt und eingestellt werden.

Zur Emission befähigt im Sinne der Erfindung bedeutet, daß die emittierende Substanz als reiner Film oder gegebenenfalls als Dotand in einem Matrixmaterial in einer OLED eine Emission von Licht im Bereich von 380 nm bis 750 nm zeigt.

Bevorzugt zeigte jede Emissionsschicht für sich die Emission genau eines Emitters.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist eine, oben beschriebene OLED mit drei gegeneinander abgegrenzten Emissionsschichten.

Die erfindungsgemäße OLED wird durch das nachfolgende Schema illustriert:

Kathode
ETL
HBL
EML3
EML2
EML1
HTL2
HTL1
HIL
Anode

Über die Variation der einzelnen Schichtdicken können alle in diesem Farbdreieck enthaltenen Farben erzeugt und eingestellt werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist eine wie im vorherigen Abschnitt beschriebene OLED mit roter, grüner und blauer Emissionsschicht. Über die Variation der einzelnen Schichtdicken der blauen, grünen und oder roten Schicht können alle in diesem Farbdreieck enthaltenen Farben erzeugt und eingestellt werden. Der Farbeindruck weiß läßt sich dann besonders gut erzeugen.

Eine Emissionsschicht (EML) im Sinne der Erfindung umfaßt sowohl Schichten, in denen Emittier als reine Materialien vorliegen, als auch Schichten, in denen mehrere Verbindungen in einem Dotand-Matrix-System vorliegen, wobei das Gewichtsverhältnis von Matrixmaterial zu Emittier 99:1 bis 1:99, bevorzugt 95:5 bis 5:95 beträgt.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß als phosphoreszierender Emittier eine Verbindung enthalten ist, die mindestens ein Atom der Ordnungszahl größer 38 und kleiner 84 aufweist.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, enthaltend als Emittier, mindestens eine Verbindung, dadurch gekennzeichnet, daß das Element der Ordnungszahl größer 56 und kleiner 80 Molybdän, Wolfram, Rhenium, Ruthenium, Osmium, Rhodium, Iridium, Palladium, Platin, Silber, Gold oder Europium ist, beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen WO 98/01011, US 02/0034656, US 03/0022019, WO 00/70655, WO 01/41512 A1, WO 02/02714 A2,

WO 02/15645 A1, EP 1 191613 A2, EP 1 191 612 A2, EP 1 191 613 A2, WO 03/040257 und DE 10215010.9.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß der phosphoreszierende Emittler in eine oder mehrere Matrices die in den Patentanmeldungen WO 00/057676, EP 01/202358, WO 02/074015, DE 10317556.3 und DE 10330761.3 offenbart werden, enthält. Neben den vorstehend genannten Materialien sind auch Silane als weiteres Matrixmaterial geeignet.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Emissionsschichten einen nicht-phosphoreszierenden Emittler aufweist. Besonders bevorzugt ist hierbei eine Emissionsschicht auf Elektrofluoreszenz-Basis, insbesondere eine im blauen Spektralbereich.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist eine der oben beschriebene OLED, enthaltend einen nicht-phosphoreszierenden Emittler aus den Klassen der Styrylamine, beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen EP 01314715 und EP 1167488, der Coumarine, Anthracene, Pyrene, Perylene, Oligoacene, Dicyanomethane, beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen EP 1182244, EP 1286569 und WO 00/0121729, Spiro-Verbindungen, beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen EP 676461 und WO 99/40051, und Heterozyklen, beispielsweise gemäß der Patentanmeldung DE 10229370.8, oder die in der Patentanmeldung DE 10310887.4 beschriebenen Komplexe, und weiteren fluoreszenten Emittlern.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zwischen mindestens zwei Emissionsschichten mindestens eine Lochblockierende Schicht (HBL) enthalten ist.

Diese Ausführungsform ist im nachfolgenden Schema illustriert:

Kathode
ETL
HBL3
EML3
HBL2
EML2
HBL1
EML1
HTL2
HTL1
HIL
Anode

Eine bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß als Loch-Blockierende-Materialien (HBM) Verbindungen aus den Klassen der Azaphenanthrene (z.B. BCP), beispielsweise gemäß der Patentanmeldung US 02/0034656, der Metall-Chelat-Komplexe (z.B. B-Alq), beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen EP 01308494 und WO 03/022007, besondere Metall-Komplexe, beispielsweise gemäß der Patentanmeldung DE 10310887.4, und der Spirophenylene, beispielsweise gemäß den Patentanmeldung EP 676461 und WO 99/40051 verwendet werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zwischen mindestens zwei Emissionsschichten mindestens eine Elektronenblockierende Schicht (EBL) enthalten ist.

WO 02/15645 A1, EP 1 191613 A2, EP 1 191 612 A2, EP 1 191 613 A2, WO 03/040257 und DE 10215010.9.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß der phosphoreszierende Emittler in eine oder mehrere Matrices die in den Patentanmeldungen WO 00/057676, EP 01/202358, WO 02/074015, DE 10317556.3 und DE 10330761.3 offenbart werden, enthält. Neben den vorstehend genannten Materialien sind auch Silane als weiteres Matrixmaterial geeignet.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Emissionsschichten einen nicht-phosphoreszierenden Emittler aufweist. Besonders bevorzugt ist hierbei eine Emissionsschicht auf Elektrofluoreszenz-Basis, insbesondere eine im blauen Spektralbereich.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist eine der oben beschriebene OLED, enthaltend einen nicht-phosphoreszierenden Emittler aus den Klassen der Styrylamine, beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen EP 01314715 und EP 1167488, der Coumarine, Anthracene, Pyrene, Perylene, Oligoacene, Dicyanomethane, beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen EP 1182244, EP 1286569 und WO 00/0121729, Spiro-Verbindungen, beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen EP 676461 und WO 99/40051, und Heterozyklen, beispielsweise gemäß der Patentanmeldung DE 10229370.8, oder die in der Patentanmeldung DE 10310887.4 beschriebenen Komplexe, und weiteren fluoreszenten Emittlern.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zwischen mindestens zwei Emissionsschichten mindestens eine Lochblockierende Schicht (HBL) enthalten ist.

Diese Ausführungsform ist im nachfolgenden Schema illustriert:

Kathode
ETL
HBL3
EML3
HBL2
EML2
HBL1
EML1
HTL2
HTL1
HIL
Anode

Eine bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß als Loch-Blockierende-Materialien (HBM) Verbindungen aus den Klassen der Azaphenanthrene (z.B. BCP), beispielsweise gemäß der Patentanmeldung US 02/0034656, der Metall-Chelat-Komplexe (z.B. B-Alq), beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen EP 01308494 und WO 03/022007, besondere Metall-Komplexe, beispielsweise gemäß der Patentanmeldung DE 10310887.4, und der Spirophenylene, beispielsweise gemäß den Patentanmeldung EP 676461 und WO 99/40051 verwendet werden.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zwischen mindestens zwei Emissionsschichten mindestens eine Elektronenblockierende Schicht (EBL) enthalten ist.

WO 02/15645 A1, EP 1 191613 A2, EP 1 191 612 A2, EP 1 191 613 A2, WO 03/040257 und DE 10215010.9.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß der phosphoreszierende Emittler in eine oder mehrere Matrices die in den Patentanmeldungen WO 00/057676, EP 01/202358, WO 02/074015, DE 10317556.3 und DE 10330761.3 offenbart werden, enthält. Neben den vorstehend genannten Materialien sind auch Silane als weiteres Matrixmaterial geeignet.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Emissionsschichten einen nicht-phosphoreszierenden Emittler aufweist. Besonders bevorzugt ist hierbei eine Emissionsschicht auf Elektrofluoreszenz-Basis, insbesondere eine im blauen Spektralbereich.

Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist eine der oben beschriebene OLED, enthaltend einen nicht-phosphoreszierenden Emittler aus den Klassen der Styrylamine, beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen EP 01314715 und EP 1167488, der Coumarine, Anthracene, Pyrene, Perylene, Oligoacene, Dicyanomethane, beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen EP 1182244, EP 1286569 und WO 00/0121729, Spiro-Verbindungen, beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen EP 676461 und WO 99/40051, und Heterozyklen, beispielsweise gemäß der Patentanmeldung DE 10229370.8, oder die in der Patentanmeldung DE 10310887.4 beschriebenen Komplexe, und weiteren fluoreszenten Emittlern.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zwischen mindestens zwei Emissionsschichten mindestens eine Lochblockierende Schicht (HBL) enthalten ist.

Kathode
ETL
EBL3
EML3
EBL2
EML2
EBL1
EML1
HTL2
HTL1
HIL
Anode

Eine bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zwischen mindestens zwei Emissionsschichten mindestens eine Elektronenblockierende Schicht (EBL) und mindestens eine Lochblockierende Schicht (HBL) enthalten ist

EML2
EBL2
EML1
EBL1
HTL2
HTL1
HIL
Anode

Eine bevorzugte Ausführungsform ist eine oben beschriebene OLED, dadurch gekennzeichnet, daß als Elektron-Blockierende-Materialien (EBM) Verbindungen aus den Klassen der Triarylaminen, beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen EP 01314715 und EP 1167488, der Spiro-Triarylamine, beispielsweise gemäß den Patentanmeldungen WO 97/10617, WO 99/12888 und EP 968175, und der Phthalocyanine, beispielsweise gemäß der Patentanmeldung WO 03/022007 verwendet werden.

Diese Ausführungsform ist in den nachfolgenden Schemen illustriert:

Kathode
ETL
HBL2
EML3
HBL1
EML2
EBL1
EML1
HTL2
HTL1
HIL
Anode

Kathode
ETL
HBL2
EML3
HBL1

Die in den vorangegangenen Abschnitten aufgeführten Anmeldungen werden hiermit via Zitat als Bestandteil der Anmeldung betrachtet.

Bei den erfindungsgemäßen OLEDs werden die Schichtdicken der voneinander abgegrenzten Emitterschichten in der Regel im Bereich von 1 bis 150 nm, bevorzugt im Bereich von 3 bis 100 nm, besonders bevorzugt im Bereich 5 bis 50 nm gewählt.

Bei den erfindungsgemäßen OLEDs werden die Schichtdicken der Lochtransport-, sowie der Elektronentransport- und Lochblockierschichten in der Regel im Bereich von 1 bis 150 nm gewählt.

Bevorzugte Ausführungen der erfindungsgemäßen OLEDs sind solche, bei denen gilt, die Glasstemperatur T_g der jeweiligen Dotanden ist größer als 90°C, bevorzugt größer 100°C, besonders bevorzugt größer 120°C.

Eine ebenfalls bevorzugte Ausführung ist dann gegeben, wenn die Glasstemperatur T_g der jeweiligen Matrix größer als 90°C, bevorzugt größer 120°C, besonders bevorzugt größer 130°C ist.

Besonders bevorzugt ist es, wenn sowohl die beschriebene hohe Betriebstemperatur von den Matrixmaterialien, Lochblockermaterialien, als auch von den Emissionsmaterialien und Dotanden gleichzeitig vorliegt.

Die oben beschriebenen breitbandig emittierenden Vorrichtungen weisen nun folgende überraschende Vorteile gegenüber dem Stand der Technik auf:

1. Die Effizienz entsprechender Vorrichtungen wird im Vergleich zu Systemen, die nicht dem erfindungsgemäßen Design folgen, höher.
2. Die Farbkoordinaten bzw. die Farbwiedergabe, beschrieben durch den Color-Rendering Index (CRI), wird besser, da eine breitbandige Emission erzeugt wird, die sich vom tiefblauen bis ins tieftrote erstreckt. Eine Verwendung von Farbfiltern zur Erzeugung eines RGB-Displays ist gut möglich.
3. Die Konzentration der Dotanden beeinflusst kaum die Farbkoordinaten,
4. Die Toleranz der Emissionsfarbe bezüglich des Betriebsstromes bzw. der Betriebsspannung ist sehr groß.
5. Die Betriebsspannungen werden nicht erhöht.
6. Mit tiefroten und effizienten phosphoreszierenden Emittern (wie z. B. $\text{Ir}(\text{pic})_3$) sind die Filterverluste bei Rot sehr gering und somit die Effizienz sehr hoch.
7. Mit tiefgrünen und effizienten phosphoreszierenden Emittern (wie z. B. $\text{Ir}(\text{PPy})_3$) sind die Filterverluste bei Grün sehr gering und somit die Effizienz sehr hoch.
8. Mit blauen und effizienten phosphoreszierenden Emittern (wie z. B. $\text{Ir}(\text{F}_2\text{CNPPy})_3$) sind die Filterverluste bei Blau sehr gering und somit die Effizienz sehr hoch.
9. Mit tiefblauen und effizienten fluoreszierenden sind die Filterverluste bei Blau sehr gering und somit die Effizienz sehr hoch.

Der erfindungsgemäße Device-Aufbau läßt sich mit verschiedenen Applikationsmethoden erreichen. Einerseits ist es möglich, alle Schichten im Vakuum aufzubringen, andererseits lassen sich einzelne Schichten aus Lösung aufbringen, gefolgt von Schichten, die wiederum im Vakuum appliziert werden. Es ist auch ohne erfinderisches Zutun möglich, alle Schichten aus Lösung aufzutragen. Beim Aufbringen im Vakuum dienen Schattenmasken zum Strukturieren, während aus Lösung die unterschiedlichsten Druck-Verfahren anwendbar sind. Druck-Verfahren im Sinne der Erfindung umfaßt auch solche, die vom Festkörper ausgehen, wie Thermotransfer oder LITI. Im Falle der lösungsmittel-basierten Verfahren werden Lösungsmittel eingesetzt, welche die eingesetzten Stoffe lösen. Die Art des Stoffes ist für die Erfindung nicht maßgeblich. Es können Stoffe mit Molekulargewichten $> 1.500 \text{ g/mol}$ bevorzugt eingesetzt werden, wenn Vakuum Applikation gewählt wird. Bei $\text{MW} > 1.500 \text{ g/mol}$ sind polymere Stoffe (linear,

verzweigt, dendrimer, macrocyclisch) einsetzbar. Es hat sich auch als nützlich erwiesen, vernetzbare Stoffe einzusetzen, wobei die Möglichkeit zur Photosstrukturierung besteht.

Details zu den hier gemachten Angaben finden sich in den unten beschriebenen Beispielen.

Im vorliegenden Anmeldetext und auch in den im weiteren folgenden Beispielen wird nur auf organische Leuchtdioden und die entsprechenden Displays abgezielt. Trotz dieser Beschränkung der Beschreibung ist es für den Fachmann ohne weiteres erfinderisches Zutun möglich, das entsprechende erfindungsgemäße Merkmale auch für andere, verwandte Vorrichtungen, z. B. für organische Solarzellen (O-SCs), organische Feldeffekttransistoren (O-FETs) oder auch organische Laserdioden (O-Laser), um nur einige weitere Anwendungen zu nennen, zu verwenden.

Herstellung und Charakterisierung von organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen, die dem erfindungsgemäßen Aufbau entsprechen.

Die Herstellung von OLEDs erfolgte nach dem im folgenden skizzierten allgemeinen Verfahren. Dieses muß im Einzelfall auf die jeweiligen Gegebenheiten (z. B. Schichtdickenvariation, um optimale Effizienz bzw. Farbe zu erreichen) angepaßt werden.

Erfindungsgemäße Elektrolumineszenzvorrichtungen wurden wie folgt dargestellt werden:

1. ITO beschichtetes Substrat: Als Substrat wird bevorzugt mit ITO beschichtetes Glas verwendet, das einen möglichst niedrigen Gehalt bzw. keine ionischen Verunreinigungen enthält. Es können aber auch andere mit ITO beschichtete transparente Substrate, wie z.B. flexible Kunststofffolien oder Laminate verwendet werden. Das ITO muß eine möglichst hohe Leitfähigkeit mit einer hoher Transparenz verbinden. ITO-Schichtdicken zwischen 50 nm und 200 nm haben sich als besonders geeignet herausgestellt. Die ITO Beschichtung muß möglichst flach, bevorzugt mit einer Rauigkeit unter 2 nm , sein. Die Substrate werden zunächst mit einer 4%igen Triton-Lösung in entionisierten Wasser vorgereinigt. Danach wird das ITO beschichtete Substrat entweder mindestens 10 Minuten mit Ozon oder einige Minuten mit Sauerstoffplasma behandelt oder kurze Zeit mit einer Exzimer-Lampe bestrahlt.
2. Lochinjektions-Schicht (Hole Injection Layer = HIL): Als HIL wird entweder ein Polymer oder eine niedermolekulare Substanz verwendet. Besonders geeignet

sind die Polymere Polyanilin (PANI) oder Polythiophen (PE) und deren Derivate. Es handelt sich dabei um 1 bis 5%ige wässrige Dispersionen, welche in dünnen Schichten zwischen 20 und 200 nm, bevorzugt zwischen 40 und 150 nm Schichtdicke auf das ITO-Substrat durch Spincoaten, Inkjet-Drucken oder andere Beschichtungsverfahren aufgebracht werden. Danach werden die mit PEDOT oder PANI beschichteten ITO-Substrate getrocknet. Für die Trocknung bieten sich mehrere Verfahren an. Herkömmlich werden die Filme im Trockenofen 1 bis 10 Minuten zwischen 110 und 200°C bevorzugt zwischen 150 und 180°C getrocknet. Aber auch neuere Trocknungsverfahren wie z.B. Bestrahlung mit IR- (infrarot)-Licht führen zu sehr guten Resultaten, wobei die Bestrahlungsdauer im allgemeinen weniger als einige Sekunden dauert. Als niedermolekulares Material werden bevorzugt dünne Schichten, zwischen 5 und 30 nm, Kupfer-phthalocyanin (CuPc) verwendet. Herkömmlich wird CuPc in Vakuum-Sublimationsanlagen aufgedampft. Alle HILs müssen nicht nur sehr gut Löcher injizieren, sondern auch sehr gut auf ITO und Glas haften; dies ist sowohl für CuPc als auch für PEDOT und PANI der Fall. Eine besonders niedrige Absorption im sichtbaren Bereich und damit eine hohe Transparenz zeigen PEDOT und PANI, welches eine weitere notwendige Eigenschaft für die HIL ist.

3. Eine oder mehrere Lochtransport-Schichten (Hole Transport Layer = HTL): Bei den meisten OLEDs sind eine oder mehrere HTLs Voraussetzung für eine gute Effizienz und hohe Stabilität. Dabei erreicht man mit einer Kombination von zwei Schichten beispielsweise bestehend aus Triarylaminen wie MTDATA (4,4',4''-Tris(N-3-methyl-phenyl)-N-phenyl-amino)-triphenylamine) oder NaphDATA (4,4',4''-Tris(N-2-naphthyl)-N-phenyl-amino)-triphenylamine) als erste HTL und NPB (N,N'-Di(naphthalin-2-yl)-N,N'-diphenyl-benzidin) oder Spiro-TAD (Tetrakis-2,2',7,7'-diphenylamino-spiro-9,9'-bifluoren) als zweite HTL sehr gute Ergebnisse. Als zweite Schicht wird Spiro-TAD ($T_g = 130^\circ\text{C}$) bevorzugt. MTDATA bzw. NaphDATA haben eine Schichtdicke zwischen 5 und 100 nm, bevorzugt 10 und 60 nm, besonders bevorzugt zwischen 15 und 40 nm. Für dickere Schichten benötigt man etwas höhere Spannungen, um die gleiche Helligkeit zu erreichen; gleichzeitig verringert sich die Anzahl der Defekte. Spiro-TAD bzw. NPB haben eine Schichtdicke zwischen 5 und 150 nm, bevorzugt 10 und 100 nm, besonders bevorzugt zwischen 20 und 60 nm. Mit zunehmender Schichtdicke von NPB und den meisten anderen Triarylaminen benötigt man höhere Spannungen für gleiche Helligkeiten. Die Schichtdicke von Spiro-TAD hat jedoch nur einen geringfügigen Einfluß auf die Strom-Spannung-Elektrolumineszenz-Kennlinien, d.h. die benötigte Spannung, um eine bestimmte Helligkeit zu erreichen, hängt nur geringfügig von der Spiro-TAD Schichtdicke ab. Anstelle von niedermolekularen Triarylaminen können auch hochmolekulare Triarylamine verwendet werden. Es

handelt es sich hierbei um 0.1 bis 30%ige Lösungen, welche in dünnen Schichten zwischen 20 und 500 nm, bevorzugt zwischen 40 und 150 nm Schichtdicke auf das ITO-Substrat oder die HIL (z.B. PEDOT- oder PANI-Schicht) durch Spincoaten, Inkjet-Drucken oder andere Beschichtungsverfahren aufgebracht werden.

4. Eine Elektronenblockierschicht (EBL): Diese Schicht kann mit der Schicht 3 zusammenfallen. Als EBL-Material eignen sich besonders gut Triarylamine, wie z.B. S-TAD, TAD, S-NPB, NPB, MTDATA. Eine dünne Schicht von 3 – 30 nm, bevorzugt 5 – 20 nm erhöht die Effizienz sehr stark. Anstelle von niedermolekularen EBLs können auch hochmolekulare EBLs verwendet werden.

5. Die für die Erfindung wesentliche Emissions-Schicht (Emission Layer = EML) umfaßt mindestens zwei Einzelschichten, die jede eine andere Emissionsfarbe aufweisen und aufeinander aufgebracht werden. Zwischen diesen Einzelschichten können auch andere Schichten wie z. B. Lochblockierschichten liegen. Die Einzelschichten bestehen z.B. aus einem niedermolekularen Wirtsmaterial und einem niedermolekularen Gastmaterial, dem lichtemittierenden Dotanden, wie beispielsweise CBP oder anderen Matrixmaterialien als Wirtsmaterial und Ir(PPy)₃ als Dotand im Falle der grünen Emitterschicht. Gute Resultate erreicht man bei einer Konzentration von 5 – 30 % Ir(PPy)₃ in CBP oder anderen Matrixmaterialien bei einer Einzelschichtdicke von 3 – 100 nm bevorzugt 5 – 50 nm. Anstelle von niedermolekularen lichtemittierenden Verbindungen können auch hochmolekulare Licht emittierenden Verbindungen (Polymere) verwendet werden, wobei eine oder auch beide Komponenten des Wirts-Gast-Systems hochmolekular sein können.

6. Eine oder mehrere Elektronentransport- und Lochblockier-Schicht (Hole Blocking Layer = HBL): Als HBL-Material hat sich besonders BCP (2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin = Bathocuproin) oder BAQ als sehr wirkungsvoll gezeigt. Eine dünne Schicht von 3 – 30 nm, bevorzugt 5 – 20 nm erhöht die Effizienz sehr effektiv. Anstelle von niedermolekularen HBLs können auch hochmolekulare HBLs verwendet werden.

7. Elektronentransport-Schicht (Electron Transport Layer = ETL): Als ETL-Materialien sind Metall-hydroxy-phenolate gut geeignet; besonders Aluminium-tris-8-hydroxy-chinolat (Alq₃) hat sich als einer der stabilsten Elektronenleiter herausgestellt. Anstelle von niedermolekularen ETLs können auch hochmolekulare ETLs verwendet werden.

8. Elektroneninjektions-Schicht (Electron Injection Layer = EIL): Eine dünne Schicht mit einer Schichtdicke zwischen 0.2 und 8 nm bevorzugt 0.5 – 5 nm bestehend aus einem Material mit einer hohen Dielektrizitätskonstanten, insbesondere anorganische Fluoride und Oxide wie z.B. LiF, Li₂O, CaF₂, MgO, NaF und

weiteren Materialien hat sich als EIL als besonders gut herausgestellt. Speziell in Kombination mit Al führt diese zusätzliche Schicht zu einer deutlichen Verbesserung der Elektroneninjektion, und damit zu verbesserten Resultaten bezüglich Lebensdauer, Quanten- und Leistungseffizienz.

9. Kathode: Hier werden in der Regel Metalle, Metallkombinationen oder Metalllegierungen mit niedriger Austrittsarbeit verwendet so z. B. Ca, Ba, Cs, K, Na, Mg, Al, In, Mg/Ag.

10. a) Herstellung dünner Schichten (2.-8.) niedermolekularer Verbindungen: Alle niedermolekularen Materialien der HIL, HTL, EML, HBL, ETL, EIL und Kathode werden in Vakuum-Sublimationsanlagen bei einem Druck kleiner 10^{-5} mbar, bevorzugt kleiner 10^{-6} mbar, besonders bevorzugt kleiner 10^{-7} mbar aufgedampft.

Die Aufdampfpraten können zwischen 0.01 und 10 nm/s bevorzugt 0.1 und 1 nm/s betragen. Neuere Verfahren wie die OPVD (Organic Physical Vapour Deposition) oder LITI (Light Induced Thermal Imaging) sind für die Beschichtung niedermolekularer Materialien ebenso geeignet, so wie weitere Drucktechniken.

Für dotierte Schichten eignet sich OPVD besonders, weil das Einstellen von beliebigen Mischungsverhältnissen besonders gut gelingt. Ebenfalls lassen sich die Konzentrationen der Dotalanden kontinuierlich verändern. Somit sind bei der OPVD die Voraussetzungen für die Verbesserung der Elektrolumineszenz-Vorrichtung optimal. Wie oben beschrieben kann die Herstellung der

erfindungsgemäßen Vorrichtungen auch durch spezielle Druckverfahren (wie das genannte LITI) durchgeführt werden. Dies hat sowohl Vorteile hinsichtlich der Skalierbarkeit der Fertigung, als auch bezüglich der Einstellung von Mischungsverhältnissen in verwendeten Blend-Schichten. Hierfür ist es aber in

aller Regel nötig, entsprechende Schichten (für LITI: Transfer-Schichten) zu präparieren, welche dann erst auf das eigentliche Substrat übertragen werden.

- b) Herstellung dünner Schichten (2.-6.) hochmolekularer Verbindungen (Polymere): Es handelt sich meist um 0.1 bis 30%ige Lösungen, welche in dünnen Schichten zwischen 10 und 500 nm, bevorzugt zwischen 10 und 80 nm Schichtdicke auf das ITO-Substrat oder darunterliegende Schichten durch Spincoaten, Inkjet-Drucken, LITI oder andere Beschichtungsverfahren und Drucktechniken aufgebracht werden.

11. Verkapselung: Eine effektive Einkapselung der organischen Schichten inklusive der EIL und der Kathode ist für organische Elektrolumineszenzvorrichtungen unerlässlich. Wenn das organische Display auf einem Glassubstrat aufgebaut ist, gibt es mehrere Verfahren. Ein Verfahren ist das Verkleben des gesamten Aufbaus mit einer zweiten Glas- oder Metallplatte. Dabei haben sich Zwei-Komponenten- oder UV-härtende-Epoxykleber als besonders geeignet erwiesen. Dabei kann die Elektrolumineszenzvorrichtung vollständig oder aber auch nur am

Rand verklebt werden. Wird das organische Display nur am Rand verklebt, kann man die Haltbarkeit zusätzlich verbessern, indem man einen sogenannten Gitter hinzufügt. Dieser Gitter besteht aus einem sehr hygroskopischen Material, insbesondere Metalloxide wie z.B. BaO, CaO usw., welches eindringendes Wasser und Wasserdämpfe bindet. Eine zusätzliche Bindung von Sauerstoff erreicht man mit Gettermaterialien wie z.B. Ca, Ba usw.. Bei flexiblen Substraten ist besonders auf eine hohe Diffusionsbarriere gegenüber Wasser und Sauerstoff zu achten. Hier haben sich insbesondere Lamine aus alternierenden dünnen Kunststoff- und anorganischen Schichten (z.B. SiO₂ oder SiN_x) bewährt.

Beispiele:

In diesen Beispielen werden die Ergebnisse verschiedener OLEDs vorgestellt. Der grundlegende Aufbau, wie die verwendeten Materialien und Schichtdicken, außer der EML und den HBLs, waren zur besseren Vergleichbarkeit identisch. Es wurde ausschließlich der Aufbau der EML und dazugehörige HBLs in den Beispielen variiert.

Analog dem o. g. allgemeinen Verfahren, wurden breitbandig emittierende OLEDs mit folgendem Aufbau erzeugt:

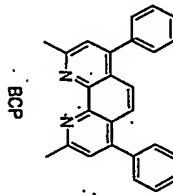
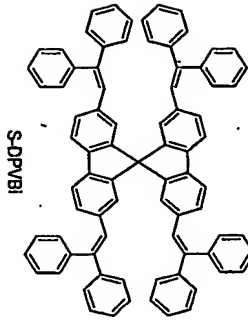
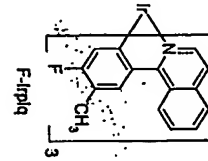
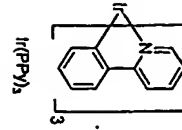
PEDOT	60 nm (aus Wasser aufgeschleudert; PEDOT bezogen von HC Starck; Poly[3,4-ethylenedioxy-2,5-thiophen])
NaphDATA	20 nm (aufgedampft; NaphDATA bezogen von SynTec; 4,4'-Tris(N-2-naphthyl)N-phenyl-amino)-triphenylamin
S-TAD	20 nm (aufgedampft; S-TAD hergestellt nach WO99/12888; 2,2',7',7'-Tetrakis(diphenylamino)-spirobifluoren)

Emitter-Schicht: genauer Aufbau siehe Beispiele

HBM	siehe Beispiele
AlQ ₃	10 nm (aufgedampft; AlQ ₃ bezogen von SynTec; Tris(chinoxalino)aluminium(III))
Ba-Al	3 nm Ba darauf 150 nm Al als Kathode

Diese nicht optimierten OLEDs wurden standardmäßig charakterisiert; hierfür wurden die Elektrolumineszenzspektren, die Effizienz (gemessen in cd/A) in Abhängigkeit von der Helligkeit, berechnet aus Strom-Spannungs-Helligkeit-Kennlinien (JUL-Kennlinien), und die Lebensdauer bestimmt.

In der untenstehenden Tabelle sind die Ergebnisse verschiedener Beispiele zusammengefasst. Die Zusammensetzung der gesamten EMLs und HBLs inklusive der entsprechenden Schichtdicken, ist aufgeführt. Die dotierten phosphoreszierenden EML enthalten alle als Matrixmaterial die Verbindung aus Beispiel 1 der Patentanmeldung DE 10317556.3; in der Tabelle ist lediglich der Emittor aufgeführt. Die in der Tabellen verwendeten Abkürzungen entsprechen den folgenden Verbindungen:



Zusammenfassend kann gesagt werden, daß bei allen OLEDs eine rein weiße Emission, resultierend aus allen enthaltenen Emittoren zu beobachten war. Die entsprechenden Emissionsspektren sind unten aufgeführt.

Tabelle

Experiment	EML1	HBL1	EML2	HBL2	EML3	HBL3	Effizienz (cd/A)	Spannung (V) bei 100cd/m²	CIE	Lebensdauer (h)
1	S-DPVBi (10nm)	-	20% F-Irplq (10nm)	-	20% Ir(ppy) ₃ (10nm)	BCP (10nm)	12	8,5	x=0,31; y=0,33 (vgl. Fig.1)	
2	S-DPVBi (10nm)		20% Ir(ppy) ₃ (10nm)	BCP (4nm)	20% F-Irplq (10nm)	BCP (8nm)	15	8,0	x=0,33; y=0,36 (vgl. Fig.2)	
3	S-DPVBi (10nm)		20% F-Irplq (10nm)	BCP (8nm)			8	8,0	x=0,34; y=0,28 (vgl. Fig.3)	
4	S-DPVBi (10nm)	BCP (5nm)	20% Ir(ppy) ₃ (10nm)	BCP (5nm)	20% F-Irplq (10nm)	BCP (10nm)	18	8,5	x=0,36; y=0,39	

Exemplarisch soll anhand der folgenden Spektren die Stabilität des Lichtstroms gegenüber einer Erhöhung der Spannung bzw. des Stromes gezeigt werden. Dabei wurde eine OLED gemäß Beispiel 2 herangezogen. In der Figur 4 sind drei Spektren dargestellt, bei denen der Strom von 1 mA über 3 mA auf 5 mA erhöht wurde. Dabei änderten sich die CIE-Koordinaten von $x=0.36$, $y=0.39$ auf $x=0.33$, $y=0.36$, was nur einer geringen Änderung entspricht.

1. Organische Elektrolumineszenzvorrichtung enthaltend
 - (a) ein oder mehrere Lochinjektions- und/oder Lochtransportschichten,
 - (b) ein oder mehrere Elektroneninjektions- und/oder Elektronentransportschichten,
 dadurch gekennzeichnet, daß diese mindestens zwei gegeneinander abgegrenzte Emissionsschichten, welche verschiedene Lichtwellenlängen emittieren, enthält, und in mindestens einer Emissionsschicht mindestens ein phosphoreszierender Emittor enthalten ist.
2. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Emission von Licht im Bereich von 380 nm bis 750 nm zeigt.
3. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß Anspruch 1 und/oder 2 dadurch gekennzeichnet, daß sie drei gegeneinander abgegrenzte Emissionsschichten aufweist.
4. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3 dadurch gekennzeichnet, daß die drei gegeneinander abgegrenzte Emissionsschichten, vorzugsweise jeweils aus den Emissionsfarben Rot, Grün und Blau, aufweisen.
5. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4 dadurch gekennzeichnet, daß die Emissionsschichten sowohl Schichten, in denen Emittor als reine Materialien vorliegen, als auch Schichten umfaßt, in denen mehrere Verbindungen in einem Dotand-Matrix-System vorliegen, wobei das Gewichtsverhältnis von Matrixmaterial zu Emittor 99:1 bis 1:99, bevorzugt 95:5 bis 5:95 beträgt.
6. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 dadurch gekennzeichnet, daß als phosphoreszierender Emittor eine Verbindung enthalten ist, die mindestens ein Atom der Ordnungszahl größer 38 und kleiner 84 aufweist.
7. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, enthaltend als Emittor, mindestens eine Verbindung, dadurch gekennzeichnet, daß das Element der Ordnungszahl größer 56 und kleiner 80

Molybdän, Wolfram, Rhenium, Ruthenium, Osmium, Rhodium, Palladium, Platin, Silber, Gold oder Europium ist.

8. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Emissionsschichten einen nicht-phosphoreszierenden Emitter aufweist.

9. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß Anspruch 8, enthaltend eine nicht-phosphoreszierenden Emitter aus den Klassen der Styrylamine, Coumarine, Anthracene, Pyrene, Perylene, Oligoacene, Dicyanomethane, Verbindungen mit Spiro-Zentren, Heterocyclen oder Metal-Komplexe.

10. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10 dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zwischen mindestens zwei Emissionsschichten mindestens eine Lochblockierende Schicht (HBL) enthalten ist.

11. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß Anspruch 10 dadurch gekennzeichnet, daß als Loch-Blockierende-Materialien (HBM) Verbindungen aus den Klassen der Azaphenanthrene, Metall-Chelat-Komplexe oder Metall-Komplexe gemäß der Deutschen Patentanmeldung DE 10310887.4 verwendet werden.

12. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11 dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zwischen mindestens zwei Emissionsschichten mindestens eine Elektronenblockierende Schicht (EBL) enthalten ist.

13. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11 dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zwischen mindestens zwei Emissionsschichten mindestens eine Elektronenblockierende Schicht (EBL) und mindestens eine Lochblockierende Schicht (HBL) enthalten ist.

14. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13 dadurch gekennzeichnet, daß als Elektronenblockierende Materialien (EBM) Verbindungen aus den Klassen der Triarylaminen, Spiro-Triarylaminen oder Phthalocyaninen verwendet werden.

15. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14 dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicke der voneinander abgegrenzten Emitterschichten eine Dicke von 1 bis 150 nm aufweisen.

16. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15 dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicke der Elektronentransport- und Lochblockierschichten eine Dicke von 1 bis 150 nm aufweisen.

17. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15 dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtdicke der Elektronentransport- und Lochblockier- und Emitter-Schichten jeweils eine unterschiedliche Dicke im Bereich von 1 bis 150 nm aufweisen.

18. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 17 dadurch gekennzeichnet, daß die Glasstemperatur T_g des Emitters größer als 90°C ist.

19. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 18 dadurch gekennzeichnet, daß die Glasstemperatur T_g der Matrixmaterialien der Emissionsschichten größer als 100°C ist.

20. Elektrolumineszenzvorrichtung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 19 dadurch gekennzeichnet, daß die Glasstemperatur T_g aller verwendeten Materialien (in allen Schichten) größer als 90°C ist.

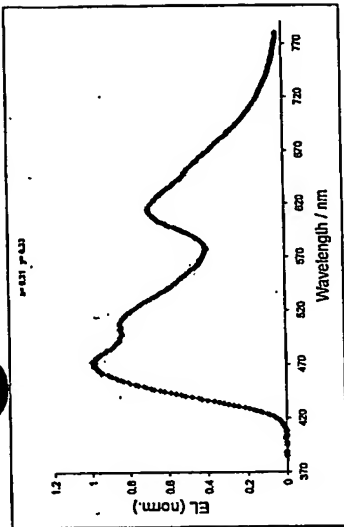
Zusammenfassung

C03016

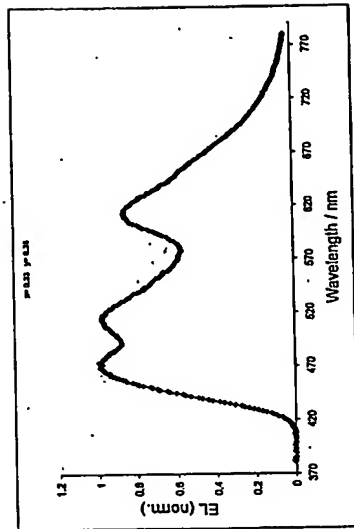
Organisches Elektrolumineszenzelement

Die vorliegende Erfindung betrifft die organische Elektrolumineszenzvorrichtungen, die mindestens zwei gegeneinander abgegrenzte Emissionsschichten enthalten, wobei diese verschiedene Lichtwellenlängen emittieren.

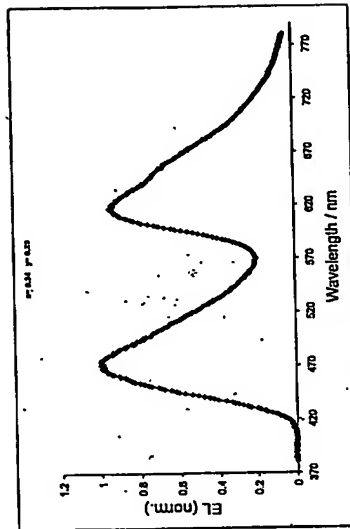
Die erfindungsgemäße Elektrolumineszenzvorrichtung zeichnet sich dadurch aus, das mindestens einer der Emitter-Schichten mindestens einen phosphoreszierenden Emitter enthält.



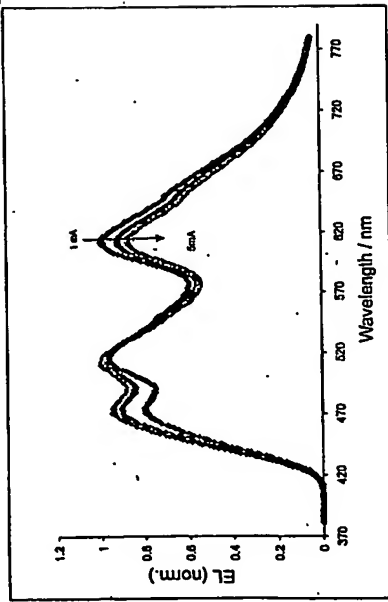
Figur 1: EL-Spektrum gemäß Beispiel 1.



Figur 2: EL-Spektrum gemäß Beispiel 2



Figur 3: EL-Spektrum gemäß Beispiel 3.



Figur 4: Variation des Stromes um einen Faktor 5.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.